



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11307747 A**(43) Date of publication of application: **05 . 11 . 99**

(51) Int. Cl.

**H01L 27/12**  
**H01L 21/02**  
**H01L 21/265**

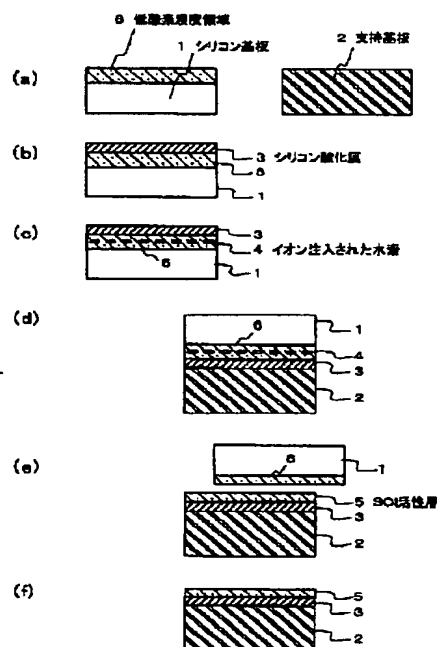
(21) Application number: **10108202**(71) Applicant: **NEC CORP**(22) Date of filing: **17 . 04 . 98**(72) Inventor: **OGURA ATSUSHI**(54) **SOI SUBSTRATE AND PRODUCTION THEREOF**

## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce the density of crystal defect in an active layer in producing an SOI substrate by hydrogen ion stripping method.

**SOLUTION:** An SOI substrate is produced through a step for depositing a silicon oxide 3 on the surface of a silicon substrate 1, a step for pasting the silicon substrate 1 to a supporting substrate 2, and a two stage heat treatment step. When a low oxygen concentration wafer is employed as the silicon substrate, deposition of oxygen is prevented at the heat treatment and crystal defect can be suppressed. When a silicon substrate having oxygen concentration of  $10^{18}/\text{cm}^3$  or below is used, defect density in the active layer can be brought substantially to 0 and a high performance electronic device can be realized on the SOI substrate.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-307747

(43) 公開日 平成11年(1999)11月5日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I .

H 0 1 L 27/12  
21/02  
21/265

H 0 1 L 27/12  
21/02  
21/265

B  
B  
Q

審査請求 有 請求項の数13 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-108202

(22) 出願日 平成10年(1998)4月17日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社  
東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 小椋 厚志

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

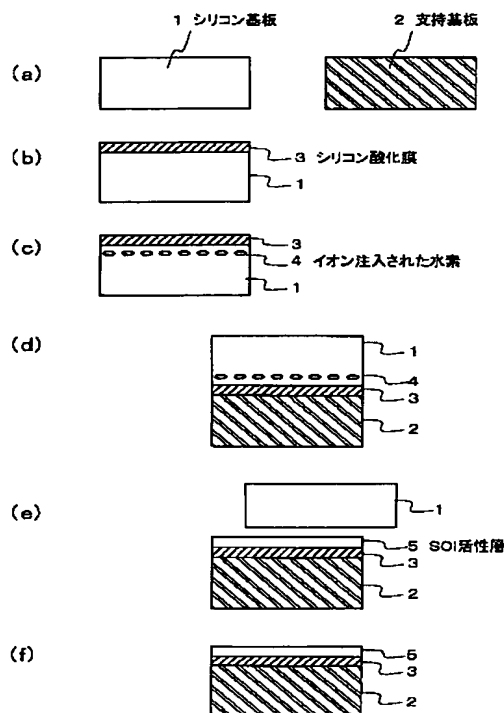
(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 S O I 基板およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 水素イオン剥離法によるS O I 基板の製造において、活性層の結晶欠陥密度を低減する。

【解決手段】 シリコン基板表面へのシリコン酸化膜の形成、支持基板との貼り合わせ、2段階熱処理の各工程によりS O I 基板を製造する。この際用いるシリコン基板を低酸素濃度ウエハとすることにより熱処理時の酸素析出を防止し、結晶欠陥生成を抑制できる。 $10^{18}/\text{cm}^3$ 以下の低酸素濃度シリコン基板を使用した場合、活性層の欠陥密度をほぼ0とすることが可能であり、S O I 基板上の高性能電子デバイスが実現される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】シリコン基板の表面にシリコン酸化膜を形成する工程と、該シリコン酸化膜を通して前記シリコン基板中に水素をイオン注入する工程と、シリコン基板と支持基板とを互いに表面が接触するように重ね合わせる工程と、該重ね合わされたシリコン基板及び支持基板を熱処理してシリコン基板中にイオン注入された水素の位置でシリコン基板の剥離を生じさせてSOI活性層、前記シリコン絶縁膜及び前記支持基板よりなるSOI構造を形成する工程とを有するSOI基板の製造方法において、前記シリコン基板表面の少なくともSOI活性層となる領域を前記熱処理において酸素の析出を起こさない低酸素濃度とすることを特徴とするSOI基板の製造方法。

【請求項2】前記熱処理工程が、300～800℃での第1段階の熱処理と、1000℃～1200℃での第2段階の熱処理とからなる請求項1に記載のSOI基板の製造方法。

【請求項3】前記低酸素濃度領域における酸素濃度が $10^{18}/\text{cm}^3$ 以下であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載のSOI基板の製造方法。

【請求項4】前記シリコン基板として、ウエハ内の全領域が低酸素濃度であるシリコンウエハを用いることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれかに記載のSOI基板の製造方法。

【請求項5】前記シリコン基板がFZ法またはMCZ法により製造されたものであることを特徴とする請求項4に記載のSOI基板の製造方法。

【請求項6】前記シリコン基板として、表面近傍領域を低酸素濃度化する処理を行ったシリコンウエハを用いることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれかに記載のSOI基板の製造方法。

【請求項7】酸素濃度を1%以下とした雰囲気中で1000℃以上の温度で熱処理することによりシリコンウエハの表面近傍領域を低酸素濃度化することを特徴とする請求項6に記載のSOI基板の製造方法。

【請求項8】前記シリコン基板と支持基板を重ね合わせる工程の前に、該シリコン基板および支持基板の少なくとも一方にOH基を吸着させる工程をさらに有する請求項1から請求項7のいずれかに記載のSOI基板の製造方法。

【請求項9】前記支持基板としてシリコンウエハ、石英ガラス基板、サファイア基板、SiC基板、ダイヤモンド基板のいずれか、またはこれらのいずれかの表面にシリコン酸化膜を形成したものを有する請求項1から請求項8のいずれかに記載のSOI基板の製造方法。

【請求項10】請求項1から請求項8のいずれかに記載のSOI基板の製造方法を繰り返すことにより複数枚のSOI基板を製造する方法であって、前記支持基板として前記シリコン基板と同一特性を有するシリコンウエハ

を用い、前記熱処理工程時にシリコン酸化膜およびSOI活性層を残して剥離したシリコン基板を次のSOI基板製造時の支持基板として用いるSOI基板の製造方法。

【請求項11】請求項1から請求項8のいずれかに記載のSOI基板の製造方法を繰り返すことにより複数枚のSOI基板を製造する方法であって、前記熱処理工程時にシリコン酸化膜およびSOI活性層を残して剥離したシリコン基板を次のSOI基板製造時のシリコン基板として用いるSOI基板の製造方法。

【請求項12】請求項1から請求項11のいずれかに記載の方法により製造され、前記SOI活性層の結晶欠陥密度が $10^6/\text{cm}^2$ 以下であるSOI基板。

【請求項13】前記SOI活性層の酸素濃度が $10^{18}/\text{cm}^3$ 以下であることを特徴とする請求項11に記載のSOI基板。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、絶縁体上にシリコン活性層を有するSOI (Si on insulator) 基板の製造方法に関し、詳しくは水素イオン剥離法によるSOI基板の製造方法および製造されるSOI基板に関する。

## 【0002】

【従来の技術】絶縁体上にシリコン活性層を有するSOI構造は、次世代LSIの基板として有望視されており、種々のSOI基板の製造方法が開発されている。その中の一つの方法として、シリコン基板表面に酸化膜形成と水素のイオン注入を行い、これを支持基板と貼り合わせた後に熱処理することにより、シリコン基板中の水素注入位置で剥離してSOI基板を形成する方法（以下、水素イオン剥離法と呼ぶ）が注目されている。

【0003】図1を参照して、水素イオン剥離法によるSOI基板の形成工程を説明する。

【0004】まず、シリコン基板1と支持基板2をそれぞれ用意する（図1（a））。シリコン基板としては、（100）面もしくは（100）面から微傾斜を持つ面を主面とするシリコンウエハが用いられるのが通常である。また、支持基板としても同様のシリコンウエハが用いられることが多い。次に、シリコン基板1の表面にシリコン酸化膜3を形成する（図1（b））。このシリコン酸化膜3は、最終的に形成されるSOI構造の絶縁膜となるものである。従って、シリコン酸化膜3の膜厚は、SOI基板上に形成するデバイスが要求する埋め込み酸化膜厚に対応する厚さとする。

【0005】引き続き、シリコン基板1の表面からシリコン酸化膜3を通して水素のイオン注入を行う（図1（c））。このシリコン基板1内にイオン注入された水素4の位置で、後に行う熱処理により剥離が生じ、この位置よりシリコン酸化膜3側がSOI活性層となってデバイス形成に用いられる。従って、この水素のイオン注

入工程では、所望の活性層膜厚が得られるように加速エネルギーを制御する。通常は、30～200 KeV程度の加速エネルギーで、ドーズ量 $1 \times 10^{16} \sim 3 \times 10^{17}$  /  $\text{cm}^2$ 程度の $\text{H}^+$ イオンを注入する。この打ち込まれた水素イオンは、結晶内のシリコン原子間の結合を切り、未結合手を終端する。

【0006】次に、シリコン基板1と支持基板2を、互いの表面が接触するように重ね合わせ(図1(d))、これを熱処理する。熱処理は通常2段階に分けて行われる。

【0007】まず、第1段階として、比較的低温(300～800℃程度)での熱処理をおこなう。この第1の熱処理工程では、重ね合わせたシリコン基板1及び支持基板2を密着させると同時に、シリコン基板1内にイオン注入された水素4の位置で剥離を起こさせ、SOI構造を形成する(図1(e))。先の工程でシリコン基板1内にイオン注入された水素4は、この熱処理時の昇温とともに(111)面、あるいは表面に平行な(100)面に凝集し、微小な空洞を形成する。支持基板がない場合には300～800℃の熱処理で発生する水素ガスの圧力で表面層にはがれが生じる。しかし、本方法による場合、支持基板2がシリコン基板1の表面側を密着支持しているため、薄いSOI活性層5およびシリコン酸化膜3を支持基板2側に残してシリコン基板1の剥離が生じ、SOI構造が形成されるのである。この剥離の際には、支持基板2とシリコン酸化膜3間の熱膨張係数の違いに起因する歪みの力も作用していると考えられている。

【0008】引き続き第2段階として、シリコン基板1を取り去ったSOI活性層5／シリコン酸化膜3／支持基板2からなるSOI構造を1000℃以上の比較的高温で熱処理し、SOI基板の形成を完成する(図1(f))。この第2の熱処理工程は、第1段階の熱処理だけでは支持基板2とシリコン酸化膜3間の結合力が不足するためこれを強化する目的で行うものである。

【0009】なお、上述の通り、本明細書においては「シリコンウエハ」および「シリコン基板」との用語は、前者はCZ法などにより製造されたウエハの一般的な名称として、後者はSOI基板製造において活性層形成のために用いるものとして、それぞれ区別して使用する。

【0010】この水素イオン剥離法によるSOI基板形成を繰り返す際には、上記第1の熱処理工程で取り去られたシリコン基板1は、次の工程におけるシリコン基板1または支持基板2として再利用することも可能である。

【0011】水素イオン剥離法によるSOI基板の形成に関しては、例えばC. Malevilleらによるシリコン・オン・インシュレーター・アンド・デバイスズVIIIでの発表(C. Maleville, B. Asper, T. Poumeyrol, H. Moric

ean, M. Bruel, A. J. Auberton-Herve, T. Berge and F. Metral, Silicon-on-Insulator and Devices VII, ed s. P. L. F. Hemment et al., p.34 (Electrochem. Soc., Pennington, 1996))や、阿部らによる報告(阿部, 中野, 阿賀, 三谷, 応用物理, 第66巻, 第11号, p.1220(1997))に記載されている。

#### 【0012】

【発明が解決しようとする課題】水素イオン剥離法によるSOI基板形成法は、その他のSOI基板形成法と比較して、数多くの利点を有している。例えば、水素イオン注入の飛程距離でSOI活性層膜厚が決定されるため活性層の膜厚制御性に優れ、特に超薄膜SOI基板の形成に適していること、膜厚均一性に優れており大口径化が容易であること、通常のLSIプロセスと互換性のあるイオン注入と熱処理からなるため低コスト化が容易であること、さらにSOI活性層および埋め込み酸化膜の膜厚の設計に大きな自由度があること、などである。また、貼り合わせを用いる他のSOI基板製造法(例えば貼り合わせ後に研磨等により薄膜化する方法など)に比べて、ウエハ利用効率が高いという点も非常に大きな利点である。つまり、通常の貼り合わせ法では一つのSOI基板製造に2枚のウエハが必要とされるが、水素イオン剥離法の場合、支持基板としてシリコンウエハを用い、剥離により不要となったシリコン基板を次回製造におけるシリコン基板または支持基板として再利用することにより、一つのSOI基板製造に必要なウエハは1枚となる。

【0013】その一方で、水素イオン剥離法によるSOI基板の実用化を阻む要因として、得られたSOI活性層に多数の結晶欠陥が存在するということが知られている。従来の水素イオン剥離法により形成されたSOI活性層には、約 $10^3 \sim 10^4$ 個/ $\text{cm}^2$ 程度の結晶欠陥が含まれていた。このような結晶欠陥は、活性層に形成する電子デバイスの特性に悪影響を与えるものである。実用性という観点からいえば、SOI基板が本格的に使用される次世代LSIにおいては、活性層内の結晶欠陥密度は10個/ $\text{cm}^2$ 程度以下に抑制することが不可欠である。

【0014】しかし、水素イオン剥離法によるSOI基板の形成においては、結晶欠陥の低減方法はもちろん、結晶欠陥の形成原因すらも分かっていないのが現状である。

【0015】本発明は、上記問題点を解決するためになされたものであり、水素イオン剥離法によるSOI基板の製造において、SOI活性層の結晶欠陥密度を低減する手段を提供することを目的としている。また、ひいては、水素イオン剥離法の数多くの利点を活用することができるようし、高性能かつ低コストのSOIデバイスを実現することを目的とする。

#### 【0016】

【課題を解決するための手段】本発明は、シリコン基板の表面にシリコン酸化膜を形成する工程と、該シリコン酸化膜を通して前記シリコン基板中に水素をイオン注入する工程と、シリコン基板と支持基板とを互いに表面が接触するように重ね合わせる工程と、該重ね合わされたシリコン基板及び支持基板を熱処理してシリコン基板中にイオン注入された水素の位置でシリコン基板の剥離を生じさせてSOI活性層、前記シリコン絶縁膜及び前記支持基板よりなるSOI構造を形成する工程とを有するSOI基板の製造方法において、前記シリコン基板表面の少なくともSOI活性層となる領域を前記熱処理において酸素の析出を起こさない低酸素濃度とすることを特徴とするSOI基板の製造方法である。前記熱処理工程は、300～800℃での第1段階の熱処理と、1000℃～1200℃での第2段階の熱処理とによることが好適である。また、前記低酸素濃度領域における酸素濃度が $10^{18}/\text{cm}^3$ 以下であることが好適である。

【0017】前記シリコン基板としては、ウェハ内の全領域が低酸素濃度であるシリコンウェハを用いることができる。例えば、シリコン基板がFZ法またはMCZ法により製造されたものであることが好適である。または、前記シリコン基板として、表面近傍のみを低酸素濃度化する処理を行ったシリコンウェハを用いることができる。例えば、酸素濃度を1%以下とした雰囲気中で1000℃以上の温度で熱処理することによりシリコンウェハの表面近傍領域を低酸素濃度化することができる。

【0018】また、本発明によれば、前記シリコン基板と支持基板を重ね合わせる工程の前に、該シリコン基板および支持基板の少なくとも一方にOH基を吸着させる工程をさらに有するSOI基板の製造方法が得られる。

【0019】支持基板としてシリコンウェハ、石英ガラス基板、サファイア基板、SiC基板、ダイヤモンド基板のいずれか、またはこれらのいずれかの表面にシリコン酸化膜を形成したものをを用いることができる。

【0020】さらに、本発明によれば、上記SOI基板の製造方法を繰り返すことにより複数枚のSOI基板を製造する方法であって、前記支持基板として前記シリコン基板と同一特性を有するシリコンウェハを用い、前記熱処理工程時にシリコン酸化膜およびSOI活性層を残して剥離したシリコン基板を次のSOI基板製造時の支持基板として用いるSOI基板の製造方法が得られる。または、上記SOI基板の製造方法を繰り返すことにより複数枚のSOI基板を製造する方法であって、前記熱処理工程時にシリコン酸化膜およびSOI活性層を残して剥離したシリコン基板を次のSOI基板製造時のシリコン基板として用いるSOI基板の製造方法が得られる。

【0021】本発明の方法により製造されたSOI基板は、SOI活性層の結晶欠陥密度を $10$ 個/ $\text{cm}^2$ 以下に抑制することができる。また、本発明によれば、SO

I活性層の酸素濃度が $10^{18}/\text{cm}^3$ 以下であることを特徴とするSOI基板が得られる。

【0022】（作用）以下本発明によって、水素イオン注入による剥離法で、結晶欠陥の少ないSOI基板を製造することが可能となる原理を述べる。

【0023】本発明者が従来法による結晶欠陥の形成原因を詳細に評価したところ、以下のことが明らかとなった。まず、従来SOI基板の形成に用いられていたシリコン基板には、相当量の酸素（通常 $10^{18}/\text{cm}^3$ 台以上の濃度）が含有されていた。これを用いて水素イオン剥離法によるSOI基板の形成を行う場合、貼り合わせ後に行う2段階の熱処理（それぞれ300～800℃、及び1000℃以上で行われる）が、それぞれシリコン基板内に含有される酸素の析出核の形成、及び酸素析出の促進を引き起こしている。この結果、当初からシリコン基板に存在した酸素が析出し、この酸素析出物が誘起する歪みが原因となって転位やロッド状の結晶欠陥を発生することが明らかとなった。つまり、水素イオン剥離法におけるSOI活性層内の欠陥は、当初からシリコン基板に含有されていた酸素の析出に起因するものである。

【0024】ところが、シリコン基板として酸素濃度の低いものを用いると、全く同様の熱処理を加えた場合でも酸素の析出が大きく抑制され、活性層の結晶欠陥をほぼ0とすることが可能であることが明らかとなった。ここで、活性層の結晶欠陥密度とシリコン基板内の酸素濃度は比例関係ではなく、シリコン基板内の酸素濃度がある値以下になると結晶欠陥が全く形成されなくなる。この境界となる酸素濃度の値はSOI製造工程中の熱処理条件に依存するが、通常の水素イオン剥離法における熱処理条件下では、約 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ であることが分かった。以上の現象が生じる原因は明らかでは無いが、熱処理時に酸素析出核が形成されるためにはある臨界値以上の酸素濃度が必要で、この臨界値が約 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ であるものと考えられる。

【0025】以上の知見に基づけば、少なくとも最終的にSOI活性層となる表面層の酸素濃度が $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以下のシリコン基板を用いて水素イオン注入による剥離法を適用することによって、従来問題となっていた結晶欠陥の発生原因が取り除かれ、結晶欠陥の少ない良質のSOI基板を製造することが可能となるのである。

【0026】ここで、本発明におけるシリコン基板としては、元々の酸素濃度が低いような基板を用いてもよいし、また従来通りの高酸素濃度の基板をその表面近傍の酸素濃度を低減させる処理を行ってから用いてもよい。例として、FZ法またはMCZ法により製造された低酸素濃度シリコン基板をそのまま用いることができるし、またCZ法で製造された高酸素濃度基板の場合はアルゴン雰囲気中で熱処理するなどにより表面層の酸素濃度を

低減させて用いることが可能である。

【0027】また、シリコン基板表面に形成するシリコン酸化膜と支持基板との間の結合を強固にするため、予め両基板もしくは一方の基板にOH基を吸着させる処理を行った後に貼り合わせる方法を併用することも効果的である。

【0028】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。図1は本発明の実施の形態を説明するための模式図である。

【0029】（第1の実施の形態）本発明の第1の実施の形態では、従来用いられた高酸素濃度のシリコン基板に代えて、低酸素濃度のシリコン基板を使用したSOI基板の形成を説明する。以下に説明するように、基板を低酸素濃度としたこと以外は従来の水素イオン剥離法と同様の工程により、欠陥密度を低減したSOI基板の製造が可能となる。以下、図1を参照して、本実施の形態におけるSOI基板の形成工程を説明する。

【0030】まず、シリコン基板1と支持基板2をそれぞれ用意する（図1（a））。シリコン基板1としては、例えばFZ法またはMCZ法により製造された低酸素濃度シリコンウエハ（酸素濃度 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以下）が使用可能である。シリコン基板1の面方位には特に制限はなく、（100）や（111）、あるいはこれらの面から微傾斜を有するウエハなどを用いることができる。また、支持基板2としては、シリコンウエハが使用可能であることはもちろん、その他に石英ガラス基板（即ち、後に行う1000℃以上の熱処理工程に耐えられるガラス基板）、サファイア基板、SiC基板、ダイヤモンド基板、あるいはこれらの表面にシリコン酸化膜を形成したものなども使用できる。

【0031】次に、シリコン基板1の表面にシリコン酸化膜3を形成する（図1（b））。このシリコン酸化膜3は、最終的に形成されるSOI構造の絶縁膜となるものである。従って、シリコン酸化膜3の膜厚は、SOI基板上に形成するデバイスが要求する埋め込み酸化膜厚に対応する厚さとする。このシリコン酸化膜3の形成方法としては、酸化膜の特性が良好な $\text{O}_2$ または $\text{H}_2-\text{O}_2$ 雰囲気中での熱酸化法が望ましい。なお、シリコン酸化膜3を熱酸化により形成する場合、シリコン基板1の表面だけではなくウエハ外周全面に酸化膜が形成されるが、全く問題は無い。

【0032】引き続き、シリコン基板1の表面からシリコン酸化膜3を通して水素のイオン注入を行う（図1（c））。このシリコン基板1内にイオン注入された水素4の箇所では後に行う熱処理により剥離が生じ、この位置よりシリコン酸化膜3側のシリコン層が活性層となってデバイス形成に用いられる。従って、この水素のイオン注入工程では、所望の活性層膜厚が得られるように加速エネルギーを制御する。イオン注入の条件は、イオン

種は $\text{H}^+$ 、30～200KeV程度の加速エネルギー、ドーズ量 $1 \times 10^{16} \sim 3 \times 10^{17}/\text{cm}^2$ が好適である。この打ち込まれた水素イオンは、結晶内のシリコン原子間の結合を切り、未結合手を終端する。なお、水素イオンの注入に加えて、ヘリウム等の別種のイオン注入を合わせて行い、後工程でのシリコン基板の剥離を促進することも有効である。

【0033】次に、シリコン基板1と支持基板2を、互いの表面が接触するように重ね合わせ（図1（d））、これを熱処理する。熱処理は2段階に分けて行う。

【0034】まず第1段階として、比較的低温での熱処理を行う。処理温度は300～800℃程度が好適であり、また処理時間は一般に高温では短時間（800℃で10分程度）、低温では長時間（300℃で2時間程度）とする。この第1の熱処理工程では、重ね合わせたシリコン基板1及び支持基板2を密着させると同時に、シリコン基板1内にイオン注入された水素4の位置で剥離を起こさせ、SOI構造を形成する（図1（e））。

【0035】引き続き第2段階として、シリコン基板1を取り去ったSOI活性層5／シリコン酸化膜3／支持基板2からなるSOI構造を比較的高温で熱処理し、支持基板2とシリコン酸化膜3の結合力を強化して、SOI基板を完成する（図1（f））。この際の処理温度は1000～1200℃程度が好適であり、また処理時間を高温では短時間（1200℃で30分程度）、低温では長時間（1000℃で4時間程度）とする点は、第1段階の熱処理と同様である。

【0036】以上の方法で得られたSOI構造に対して、SOI活性層の結晶性を選択エッチング法、透過電子顕微鏡法、X線トポグラフィー法、及びフォトルミネッセンス法により評価した。その結果、本実施の形態の条件範囲内であれば、活性層の結晶欠陥密度は10個/ $\text{cm}^2$ 以下に抑えられていた。この値は微細化の進むLSI製造に十分対応できるものであり、従来の水素イオン剥離法での問題点は解決される。

【0037】（実施例1）本実施例では、シリコン基板1としてFZ法により製造された酸素濃度 $2 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ のシリコンウエハを用いて、水素イオン剥離法によるSOI基板の形成を行った。なお、本実施例を含めて、以下で説明する実施例および比較例で使用したシリコンウエハは、全て（100）面を主面とするものとした。また支持基板2としては、支持基板A：FZ法で製造された酸素濃度 $2 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ のシリコンウエハ（シリコン基板1と同じもの）、支持基板B：前記支持基板Aを $\text{O}_2$ 雰囲気中1000℃の熱処理を加えて表面に0.1 $\mu\text{m}$ の熱酸化膜を形成した基板、支持基板C：CZ法で製造された酸素濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコンウエハ、支持基板D：前記支持基板Cを $\text{O}_2$ 雰囲気中1000℃の熱処理を加えて表面に0.1 $\mu\text{m}$ の熱酸化膜を形成した基板、支持基板E：石英ガラス基板、支

持基板F：石英ガラス基板上にCVD法で $0.1\mu\text{m}$ のシリコン酸化膜を堆積した基板、の6種類を用意した。

【0038】次に、シリコン基板1を、 $\text{O}_2$ 雰囲気中 $1000^\circ\text{C}$ の熱処理を加えて表面に $0.1\mu\text{m}$ のシリコン酸化膜3を形成した(図1(b))。さらにこのシリコン酸化膜3を通してシリコン基板1内に $\text{H}^+$ イオンを注入し、シリコン基板1中にイオン注入された水素4が存在する構造を形成した(図1(c))。イオン注入条件は、加速電圧 $80\text{KeV}$ 、ドーズ $5\times 10^{16}/\text{cm}^2$ とした。

【0039】次に、6種類の支持基板A～Fのそれぞれに、図1(c)に示す構造を持つシリコン基板1を、互いの表面が接触するように重ね合わせた(図1

(d))。なお、シリコン基板1を表面にシリコン酸化膜を有する支持基板B、D、またはFに貼り合わせる際には、シリコン基板1と支持基板2のシリコン酸化膜どうしが接触するようにした。

【0040】次いで、シリコン基板1/支持基板2の積層基板を $500^\circ\text{C}$ で1時間熱処理すると、シリコン基板1がSOI活性層5となる一部を除いてイオン注入された水素4の存在する領域で割れて分離された(図1(e))。さらに $1100^\circ\text{C}$ で2時間の熱処理を加えて、支持基板2とシリコン酸化膜3の結合力を強固にし、SOI構造を完成した(図1(f))。

【0041】このようにして得た6種類のSOI構造の活性層の結晶欠陥密度は、いずれも $10\text{個}/\text{cm}^2$ 未満に抑制されていた。

【0042】(実施例2)本実施例では、シリコン基板1としてMCZ法により製造された酸素濃度 $5\times 10^{17}/\text{cm}^3$ のシリコンウエハを用いて、水素イオン剥離法によるSOI基板の形成を行った。また、支持基板2としては、支持基板A：MCZ法で製造された酸素濃度 $5\times 10^{17}/\text{cm}^3$ のシリコンウエハ(シリコン基板1と同じもの)、支持基板B：前記支持基板Aを $\text{O}_2$ 雰囲気中 $1000^\circ\text{C}$ の熱処理を加えて表面に $0.1\mu\text{m}$ の熱酸化膜を形成した基板、及び実施例1と同様の支持基板C、D、E、Fの6種類を用意した。以下の製造工程の条件は、実施例1と全く同様である。

【0043】本実施例で得られた6種類のSOI構造の活性層の結晶欠陥密度は、いずれも $10\text{個}/\text{cm}^2$ 未満に抑制されていた。

【0044】(比較例)本比較例では、本願発明実施例との比較のため、シリコン基板1としてCZ法により製造された高酸素濃度(酸素濃度 $2\times 10^{18}/\text{cm}^3$ )のシリコンウエハを用いた、従来法による水素イオン剥離法によるSOI基板の形成を行った。また、支持基板2としては、実施例1と同様の6種類の支持基板A～Fを用意した。製造工程の条件は、実施例1と全く同様とした。

【0045】本比較例で得られた6種類のSOI構造で

は、活性層の結晶欠陥密度はいずれの場合でも $10^3\sim 10^4\text{個}/\text{cm}^2$ の高い値となることが確認された。結晶欠陥の種類は酸素析出物、析出物がもたらす歪みを原因に発生した転位、棒状の欠陥などであり、これらは本願発明による実施例で製造したSOI基板中には全く存在しなかったものである。

【0046】以上の実施例1、2及び比較例より、SOI活性層の結晶欠陥密度は、低酸素濃度のシリコン基板を用いることで抑制できることが明らかとなった。また、結晶欠陥密度は支持基板の種類には依存しないので、SOI基板の使用目的に応じて適宜支持基板を選択すればよいことはもちろんである。

【0047】ここで、シリコン基板1と支持基板2の両者を同種の低酸素濃度シリコン基板とする場合(すなわち、実施例1、2における支持基板AまたはBの場合)、SOI製造工程の途中で不要となるシリコン基板を次回のSOI製造の支持基板として用いることが可能となるので、ウエハ利用効率向上との観点から好適である。

【0048】また、SOI製造工程の途中で不要となるシリコン基板は、次回のSOI製造のシリコン基板として再利用することも可能である。この方法を採用した場合、支持基板の種類には特段の制限はなく、ウエハの利用効率を向上することができる。

【0049】(第2の実施の形態)本発明の第2の実施の形態では、従来通りの高酸素濃度のシリコンウエハを、予めSOI活性層が形成される表面層近傍を低酸素濃度化する処理を行ったうえでシリコン基板として使用した例を説明する。先に説明した第1の実施の形態ではウエハの全領域が低酸素濃度のもの(例えばFZ法によるシリコンウエハ)をシリコン基板として用いた例を述べた。しかし、最終的にデバイスを形成するSOI活性層としてはシリコン基板表面のごく一部が用いられるにすぎない。従って、このSOI活性層となる領域が低酸素濃度化されてさえいれば、シリコン基板のその他の領域は高酸素濃度となってもよいのである。以下、図2を参照して本実施の形態におけるSOI製造工程を説明する。

【0050】本実施の形態によるSOI基板の製造工程では、まず用意したシリコン基板1に対して最初に低酸素濃度化する処理を行う(図2(a))。低酸素濃度化処理は、例えばシリコン基板1を酸素濃度を1%程度以下とした雰囲気(例えばアルゴン等の不活性ガス雰囲気)中で $1000^\circ\text{C}\sim 1300^\circ\text{C}$ 程度の温度で高温熱処理して、表面近傍領域にデニューデッドゾーンを形成する方法により行うことができる。また、その他には、シリコン基板1の表面上に周知の方法によりシリコンエピタキシャル成長を行い、この成長層を低酸素濃度領域として用いることもできる。ここで形成される低酸素濃度領域6は、その厚さが少なくともSOI活性層を形成す

る厚さ（すなわち、後の水素イオン注入工程での注入深さ：図2（c）参照）よりも厚くなるようにする。また低酸素濃度層の酸素濃度は、 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ よりも低い値となるようにする。シリコン基板1に対する低酸素濃度化処理以降の工程は、第1の実施の形態と全く同様である（図2（b）～（f））。

【0051】なお、本実施の形態においても、支持基板2としては、シリコンウエハ、石英ガラス基板、サファイア基板、SiC基板、ダイヤモンド基板、あるいはこれらの表面にシリコン酸化膜を形成したものなどが使用可能であり、SOI基板の使用目的に応じて適宜選択すればよい。また、上記工程中に剥離したシリコン基板を、次のSOI基板製造時のシリコン基板または支持基板として再利用できることも、第1の実施の形態と同様である。

【0052】（実施例3）本実施例では、シリコン基板1としてCZ法により製造された酸素濃度  $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$  のシリコンウエハを用い、その表面を低酸素濃度化処理を行った上で、水素イオン剥離法によるSOI基板の形成を行った。表面の低酸素濃度化処理は、アルゴン雰囲気中で熱処理を行ってデニューデッドゾーンを形成することによった。この熱処理の条件は、常圧の100%アルゴン中で1200℃・5時間であり、これにより表面から10μmの領域に酸素濃度が  $8 \times 10^{17} / \text{cm}^3$  の低酸素濃度領域6を形成した。また支持基板2としては、支持基板A：CZ法で製造された酸素濃度  $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$  のシリコンウエハ、支持基板B：前記支持基板AをO<sub>2</sub>雰囲気中1000℃の熱処理を加えて表面に0.1μmの熱酸化膜を形成した基板、支持基板C：石英ガラス基板、支持基板D：石英ガラス基板上にCVD法で0.1μmのシリコン酸化膜を堆積した基板、の4種類を用意した。以下の製造工程の条件は、実施例1と全く同様である。

【0053】本実施例で得られた4種類のSOI構造の活性層の結晶欠陥密度は、いずれも10個/cm<sup>2</sup>未満に抑制されていた。

【0054】（第3の実施の形態）本実施の形態では、シリコン基板と支持基板とを貼り合わせる際に、その両者もしくは一方にOH基を吸着させておくことにより、両基板間の結合力を強化する例について説明する。シリコン基板1としては、第1及び第2の実施の形態で述べた低酸素濃度（ $10^{18} / \text{cm}^3$ 以下）のFZシリコンウエハ、MCZシリコンウエハ、あるいは表面の低酸素濃度化処理を行ったCZシリコンウエハなどをそのまま使用できる。また支持基板2としてはシリコンウエハを使用する。

【0055】その後の製造工程も、第1及び第2の実施の形態と同様であるが、シリコン基板1と支持基板2を貼り合わせる直前に、その両者または一方の表面にOH基を吸着させる処理を行う。このOH基吸着処理として

は、例えばフッ酸（HF）処理により基板表面の自然酸化膜を除去し、引き続き超純水でリンスすることにより基板表面にOH基を吸着させることができる。

【0056】このように、シリコン基板、支持基板の両者または一方にOH基を吸着させておくことにより両基板間の結合力を強化することが可能であり、低酸素濃度シリコン基板を用いることによる活性層欠陥密度の抑制と相まって、より実用性の高いSOI基板が完成する。

【0057】（実施例4）本実施例では、シリコン基板1としてFZ法により製造された酸素濃度  $2 \times 10^{17} / \text{cm}^3$  のシリコンウエハを、支持基板2としてCZ法で製造された酸素濃度  $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$  のシリコンウエハをそれぞれ用いて、水素イオン剥離法によるSOI基板の形成を行った。シリコン基板1の表面にシリコン酸化膜3を形成する工程、及びこのシリコン酸化膜3を通してシリコン基板1内にH<sup>+</sup>イオンを注入する工程は、実施例1と同様である。

【0058】次に、以下のA～Dの条件で、シリコン基板1及び支持基板2の表面処理を行った。条件A：シリコン基板1及び支持基板2の両者につき49%HF処理により自然酸化膜を除去し、引き続き超純水リンスを行い表面にOH基を吸着させる、条件B：シリコン基板1のみに条件Aと同様のOH基吸着処理を行う、条件C：支持基板2のみに条件Aと同様のOH基吸着処理を行う、条件D：両基板ともOH基吸着処理を行わない。

【0059】この表面処理に引き続き、条件A～Dで処理を行ったそれぞれの組のシリコン基板1と支持基板2を貼り合わせ、以下実施例1と同様に2段階の熱処理工程を行ってSOI基板を形成した。

【0060】このようにして得た4組のSOI構造の活性層の結晶欠陥密度は、いずれも10個/cm<sup>2</sup>未満に抑制されていた。また、各組のSOI構造における支持基板とシリコン酸化膜の結合強度を引っ張り応力法で評価したところ、A、C、B、Dの順に結合力が大きいことが判明した。すなわち、Si基板もしくは支持基板の一方もしくは両方の表面にOH基を吸着することで結合力が強くなることが確認された。

【0061】本実施の形態で述べたOH基の吸着処理は、支持基板がシリコンウエハである場合のみならず、石英ガラス基板、サファイア基板、SiC基板、ダイヤモンド基板、あるいはこれらの表面にシリコン酸化膜を形成したものを支持基板とする場合にも有効である。

【0062】なお、以上の第1～第3の実施の形態で述べたSOI基板製造の条件は、必要に応じて変更できるものである。例えば、シリコン基板1及び支持基板2へのシリコン酸化膜形成の方法及びその条件は、周知のシリコン酸化膜製造技術のいずれを適用してもよいし、熱処理の温度・時間・雰囲気等の条件を適宜変更できることももちろんである。また、各工程の間に適宜洗浄工程



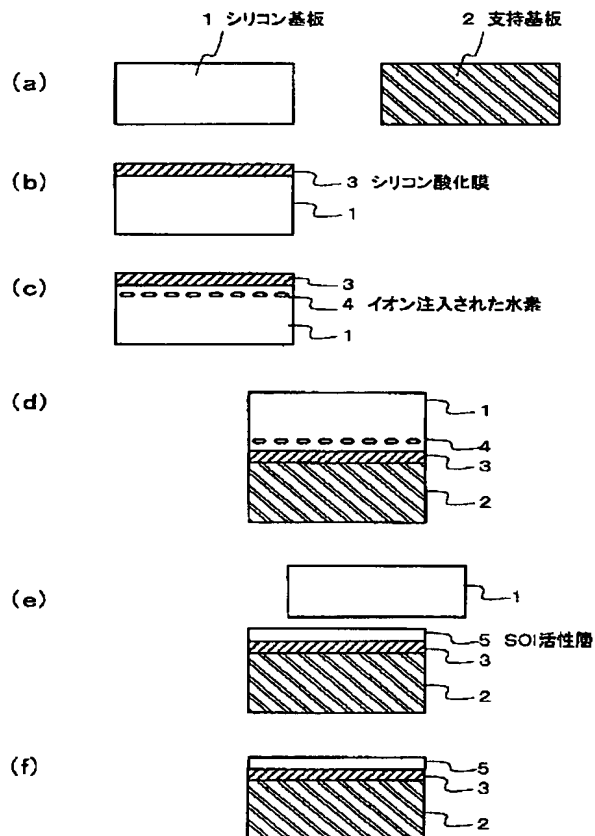
等を挿入することなどは設計の事項である。

### 【0063】

【発明の効果】以上説明したとおり、本発明によれば、水素イオン剥離法によるSOI基板の製造において低酸素濃度のシリコン基板を用いることにより、SOI活性層の結晶欠陥密度を大幅に低減することが可能となる。またその結果、従来の水素イオン剥離法によるSOI基板の実用化を阻んできた要因が取り除かれ、電子デバイス用基板として実用に供することが可能となる。

【0064】これにより初めて、水素イオン剥離法の数多くの利点、すなわち膜厚制御性や均一性に優れ大口径化に有利なこと、あるいは低コストでSOI基板が提供できることなどが活用され、高性能のSOI構造電子デバイスが低コストで提供できるという顕著な効果が得ら\*

【図1】



\*れる。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】従来技術および本発明による水素イオン剥離法によるSOI基板の製造工程を示す概略図である。

【図2】第2の実施の形態におけるSOI基板の製造工程を示す概略図である。

### 【符号の説明】

- 1 シリコン基板
- 2 支持基板
- 3 シリコン酸化膜
- 4 イオン注入された水素
- 5 SOI活性層
- 6 低酸素濃度領域

【図2】

